

(19)

JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 10022526 A

(43) Date of publication of application: 23.01.98

(51) Int. Cl

H01L 33/00

H01S 3/18

(21) Application number: 08117965

(71) Applicant: SANYO ELECTRIC CO LTD

(22) Date of filing: 13.05.96

(72) Inventor: KOGA KAZUYUKI

(30) Priority: 19.05.95 JP 07121642
30.04.96 JP 08109077

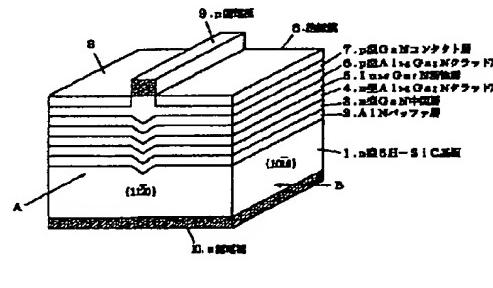
(54) SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT,
SEMICONDUCTOR LASER ELEMENT AND
MANUFACTURING OF THE SEMICONDUCTOR
LIGHT EMITTING ELEMENT

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a nitride type semiconductor light emitting element having a resonator plane capable of being made by cleavage.

SOLUTION: An AlN buffer layer 2, n-GaN layer 3, n-Al_{1-x}Ga_x clad layer 4, In_{1-y}Ga_yN active layer 5, p-Al_{1-x}Ga_xN clad layer 6, and p-GaN layer 7 are formed on an n-6H-SiC substrate 1 having a crystal growth plane (0001). A p-electrode 9 is formed on the upper face of the GaN layer 7, n-electrode 10 is formed on the lower face of the substrate 1, and the substrate 1 is cleaved along the (11-20) plane to form a resonator plane.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-22526

(43)公開日 平成10年(1998)1月23日

(51)Int.Cl.
H 01 L 33/00
H 01 S 3/18

識別記号 庁内整理番号

F I
H 01 L 33/00
H 01 S 3/18

技術表示箇所

C

審査請求 未請求 請求項の数4 O.L (全8頁)

(21)出願番号 特願平8-117965
(22)出願日 平成8年(1996)5月13日
(31)優先権主張番号 特願平7-121642
(32)優先日 平7(1995)5月19日
(33)優先権主張国 日本(J P)
(31)優先権主張番号 特願平8-109077
(32)優先日 平8(1996)4月30日
(33)優先権主張国 日本(J P)

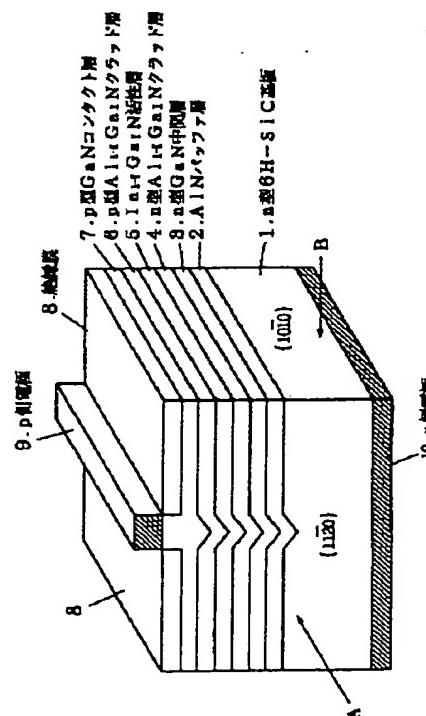
(71)出願人 000001889
三洋電機株式会社
大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号
(72)発明者 古賀 和幸
大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三
洋電機株式会社内
(74)代理人 弁理士 福島 祥人

(54)【発明の名称】 半導体発光素子、半導体レーザ素子および半導体発光素子の製造方法

(57)【要約】

【課題】 へき開により作製可能な共振器面を有する窒化物系半導体発光素子を提供することである。

【解決手段】 {0001}の結晶成長面を有するn型6H-SiC基板1上に、AlNバッファ層2、n型GaN層3、n型Al_{1-x}G_xNクラッド層4、In_{1-y}G_yN活性層5およびp型Al_{1-x}G_xNクラッド層6、p型GaN層7を順に形成する。p型GaN層7の上面にp電極9を形成し、n型6H-SiC基板1の下面にn電極10を形成した後、n型6H-SiC基板1を{11-20}面に沿ってへき開することにより共振器面を形成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 炭化ケイ素基板上に、ガリウム、アルミニウムおよびインジウムの少なくとも1つを含む窒化物系半導体からなるエピタキシャル成長層を形成し、前記炭化ケイ素基板および前記エピタキシャル成長層の(11-20)面または前記(11-20)面と等価な面で一対の端面または一対の側面を形成することを特徴とする半導体発光素子。

【請求項2】 炭化ケイ素基板上にガリウム、アルミニウムおよびインジウムの少なくとも1つを含む窒化物系半導体からなるエピタキシャル成長層を形成し、前記炭化ケイ素基板および前記エピタキシャル成長層の(11-20)面または前記(11-20)面と等価な面で一対の共振器面を形成することを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項3】 前記エピタキシャル成長層は、第1のクラッド層と、前記第1のクラッド層上に形成された活性層と、前記活性層上に形成された第2のクラッド層とを含むことを特徴とする請求項2記載の半導体レーザ素子。

【請求項4】 炭化ケイ素基板上にガリウム、アルミニウムおよびインジウムの少なくとも1つを含む窒化物系半導体からなるエピタキシャル成長層を形成するステップと、前記炭化ケイ素基板の(11-20)面または前記(11-20)面と等価な面に沿って前記炭化ケイ素基板および前記エピタキシャル成長層をへき開するステップとを備えたことを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、GaN(窒化ガリウム)、AlN(窒化アルミニウム)もしくはInN(窒化インジウム)またはこれらの混晶等のIII-V族窒化物系半導体(以下、窒化物系半導体と呼ぶ)からなるエピタキシャル成長層を有する半導体発光素子、半導体レーザ素子および半導体発光素子の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 直接遷移型のバンド構造を有する窒化物系半導体は広い禁止帯幅を有するため、短波長の光を発生する発光ダイオード、半導体レーザ素子等の半導体発光素子の材料として有望である。しかしながら、これらの窒化物系半導体からなる基板が存在しないため、半導体発光素子を作製する際には他の材料からなる基板上に窒化物系半導体層をエピタキシャル成長させている。

【0003】 たとえば、Applied Physics Letter Vol.64 (13), 28 March, 1994, pp. 1687-1689にはサファイア(A_{1-x}O_x)基板上に形成されたInGaN/AlGaNダブルヘテロ構造の発光ダイオードが開示されている。その発光ダイオードは青色の光を発生することがで

きる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、サファイア基板はへき開面を有さないため、サファイアウエハ上に形成された各素子をへき開により分離することができない。一方、半導体レーザ素子においては、光学的平坦さを有する共振器面が必要となる。しかしながら、前述のように、サファイア基板はへき開面を有さないため、サファイア基板上に形成された窒化物系半導体からなる活性層に共振器面を形成することは困難である。

【0005】 たとえば、RIE(反応性イオンエッティング)法のように特殊なエッティング方法を用いて共振器面を形成することは可能である。しかしながら、エッティングにより形成された共振器面は平坦性が悪く、また量産性にも欠ける。したがって、エッティングは半導体レーザ素子の共振器面の形成にはあまり適さない。

【0006】 このように、サファイア基板上に形成された従来の窒化物系半導体発光素子では、誘導放出および増幅のための共振器面をへき開法を用いて形成できず、20 安定して青色の光を発光する半導体レーザ素子を実現することができない。

【0007】 また、サファイア基板は絶縁物であり、素子の上下方向に導電性がないので、サファイア基板の下面に電極を形成することができない。したがって、半導体発光素子の構造が複雑となる。また、半導体レーザ素子の活性層に対して垂直に電流を流してレーザ発振を起こすことも困難となる。

【0008】 本発明の目的は、へき開により作製可能かつ素子構造が複雑化しない窒化物系半導体発光素子およびその製造方法を提供することである。本発明の他の目的は、共振器面をへき開により作製可能かつ安定して発振することができる窒化物系半導体レーザ素子を提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段および発明の効果】 第1の発明に係る半導体発光素子は、炭化ケイ素基板上にガリウム、アルミニウムおよびインジウムの少なくとも1つを含む窒化物系半導体からなるエピタキシャル成長層を形成し、炭化ケイ素基板およびエピタキシャル成長層の(11-20)面または(11-20)面と等価な面で一対の端面または一対の側面を形成したものである。

【0010】 第2の発明に係る半導体レーザ素子は、炭化ケイ素基板と、炭化ケイ素基板上に形成されかつガリウム、アルミニウムおよびインジウムの少なくとも1つを含む窒化物系半導体からなるエピタキシャル成長層とを備え、炭化ケイ素基板およびエピタキシャル成長層の(11-20)面または(11-20)面と等価な面で形成された一対の共振器面を有するものである。

【0011】 第3の発明に係る半導体レーザ素子は、第2の発明に係る半導体レーザ素子の構成において、エピ

タキシャル成長層が、第1のクラッド層と、第1のクラッド層上に形成された活性層と、活性層上に形成された第2のクラッド層とを含むものである。

【0012】第4の発明に係る半導体発光素子の製造方法は、炭化ケイ素基板上にガリウム、アルミニウムおよびインジウムの少なくとも1つを含む窒化物系半導体からなるエピタキシャル成長層を形成するステップと、炭化ケイ素基板の(11-20)面または(11-20)面と等価な面に沿って炭化ケイ素基板およびエピタキシャル成長層をへき開するステップとを備えるものである。さらに、好ましくは、このへき開により半導体発光素子の一対の端面または一対の側面を形成するものである。

【0013】第1～第4の発明に係る半導体発光素子、半導体レーザ素子および半導体発光素子の製造方法において、炭化ケイ素基板の(11-20)面または(11-20)面と等価な面はへき開性を有し、かつ光学的平坦さを有する。炭化ケイ素基板上にガリウム、アルミニウムおよびインジウムの少なくとも1つを含む窒化物系半導体からなる層をエピタキシャル成長させると、炭化ケイ素基板と同じ面方位で結晶成長を行える。したがって、炭化ケイ素基板をその上のエピタキシャル成長層とともに(11-20)面またはそれと等価な面でへき開することが可能となる。それにより、半導体発光素子の一対の端面または一対の側面および半導体レーザ素子の共振器面をへき開により形成することができる。

【0014】また、(11-20)面またはそれと等価な面に沿って炭化ケイ素基板をへき開した場合には、原子レベルおよび巨視的レベルにおいて平坦な面が出現する。したがって、半導体発光素子が安定にかつ効率良く発光することができる。また、炭化ケイ素基板には不純物元素の添加により導電性が付与されるので、素子の上下方向に導電性を有することとなり、素子構造が簡単になる。さらに、活性層に垂直に電流を注入することができるので、半導体レーザ素子も容易に作製することができる。

【0015】

【発明の実施の形態】以下の実施例の説明においても、GaN、AlNもしくはInNまたはこれらの混晶を窒化物系半導体と呼ぶ。

【0016】6H形SiC(炭化ケイ素)および4H形SiCは、窒化物系半導体が通常六方晶系半導体であるのと同様に六方晶系半導体であり、その格子定数は窒化物系半導体とほぼ等しい。6H形SiCの格子定数は3.081Åである。また、AlNの格子定数は3.112Åであり、GaNの格子定数は3.189Åである。したがって、6H形SiCに対するAlNの格子不整合率は $(3.112 - 3.081) / 3.081 \times 100 = 1.0\% []$ であり、6H形SiCに対するGaNの格子不整合率は $(3.189 - 3.081) / 3.081 \times 100 = 3.5\% []$ である。

【0017】また、SiCは不純物元素の添加によりp型またはn型の両方の導電型になる。したがって、SiCは窒化物系半導体発光素子の基板として適している。

図1(a)は六方晶SiCの{11-20}へき開面を示す図である。図1(b)は六方晶SiCの{10-10}へき開面を示す図である。

【0018】ここで、六方晶SiCの{11-20}面は(11-20)面およびこれと等価な面を含む。(11-20)面と等価な面とは、(2-1-10)面、(1-210)面、(-1-120)面、(-2110)面および(-12-10)面である。

【0019】6H形または4H形SiCには、へき開可能な複数の結晶学的面、たとえば{0001}面、{10-10}面および{11-20}面が存在する。通常、窒化物系半導体発光素子は結晶面{0001}面上に形成されるので、{0001}面を共振器面とする素子構造は困難である。なお、{0001}面は(0001)面または(000-1)面を示す。

【0020】したがって、図1(a)に示すような{0001}面に垂直な{11-20}面または図1(b)に示すような{0001}面に垂直な{10-10}面を共振器面とした素子構造が実現可能である。

【0021】ここで、6H形SiCを例にとって、{10-10}面および{11-20}面の原子の配列を比較する。図2はSiC単結晶の正四面体構造を示す図である。図2に示すように、SiCは、結晶学的には、C原子の周りに4個のSi原子が等間隔に結合しており、正四面体構造となっている。Si原子を中心として考えても、同様の四面体構造となる。この基本構造の組み合わせによって、上述した6H形、4H型等の結晶構造の変化が現れる。

【0022】図3(a)はSiCの{10-10}面の原子配置を示す図、図3(b)はSiCを{10-10}面に対して平行な{11-20}方向(例えば{10-10}面に対して平行な[1-210]方向)から見た場合の原子配置を示す図である。

【0023】実験的には、{10-10}面でのへき開が確認されている。その場合の{10-10}面は、図3(b)に一点鎖線で表される。この面が表面に現れるためには、その近傍の結合の弱い結合手が切れていくことが必要である。①で示される結合は、1つのSi原子の2つの結合手が関係している。すなわち、{10-10}面のC原子100から1つのSi原子101を切り離すためには2つの結合手を切らなければならない。そのため、①で示される結合は、全体的に切れにくい。一方、②で示される結合手は、1つのSi原子に対して1つの結合手である。すなわち、C原子102をSi原子101から切り離すためには1つの結合手を切ればよい。そのため、②で示される結合手は容易に切ることができ

【0024】 {10-10} 面全体で考えると、前述した二つの結合関係が共存するため、切れやすい結合手を連続してゆくと、原子サイズでみると、図3 (b) に破線で示されるように、凹凸の面が出現しやすい。このため、巨視的に {10-10} へき開面を見ると起伏が存在し、半導体発光素子の共振器面に必要とされる光学的平坦さが得られない。

【0025】 図4 (a) はSiCの {11-20} 面の原子配置を示す図、図4 (b) はSiCを {11-20} 面に対して平行な {10-10} 方向 (例えば {11-20} 面に対して平行な [1-100] 方向) から見た原子配置を示す図である。

【0026】 SiCの最表面は、Si原子およびC原子が階段状につながった平坦な構造となっている。黒丸で示した階段構造は、最表面から1つ奥に位置し、最表面の層と結合している。 {10-10} 方向から見た場合、SiCの {11-20} 面は図4 (b) に一点鎖線で表される。この面内に存在するSi原子およびC原子の {11-20} 面に垂直な方向の結合手は、③で示されるように、一方に対しても1本であり、容易に切ることができる。したがって、 {11-20} 面でへき開したときには、破線で示されるように、一直線で結合手が切り離される。

【0027】 この結果、表面に出現したへき開面は原子レベルでも巨視的レベルでも平坦な面になっており、半導体発光素子の共振器面として十分に適用可能である。4H形SiC結晶も6H形SiC結晶と類似の {10-10} 面および {11-20} 面の構造を有しており、 {11-20} へき開面は光学的平坦さを持っている。

【0028】 半導体発光素子において、活性層の共振器面の平坦性を得るために、上記のような基板で得られるへき開による平坦性を活性層まで連続させる必要がある。そこで、6H形SiC、4H形SiC等六方晶SiC基板の {0001} 面に、MOCVD法 (有機金属化学的気相成長法) により窒化物系半導体層をエピタキシャル成長させると、SiC基板と同じ面方位で結晶成長が行なわれ、六方晶の窒化物系半導体層からなるエピタキシャル成長層が形成される。

【0029】 図5 (a) は六方晶窒化物系半導体 (たとえばGaN) の {10-10} 面の原子配置を示す図、図5 (b) は六方晶窒化物系半導体を {10-10} 面に平行な {11-20} 方向から見た原子配置を示す図である。また、図6 (a) は六方晶窒化物系半導体の {11-20} 面の原子配置を示す図、図6 (b) は六方晶窒化物系半導体を {11-20} 面に平行な {10-10} 方向から見た原子配置を示す図である。

【0030】 図5 (b) および図6 (b) において、それぞれ {10-10} 面および {11-20} 面を一点鎖線で示している。窒化物系半導体では、 {10-10} 面および {11-20} 面の両方において、原子の面に垂直方

向の結合手は一本である。したがって、へき開によって光学的に平坦な面が容易に出現する。

【0031】 半導体発光素子のエピタキシャル成長層は、数μm程度の厚さしか有さないので、独立してへき開が不可能であるが、格子整合の良い六方晶SiC基板、たとえば6H形SiC基板または4H形SiC基板の {0001} 面にエピタキシャル成長層を形成後、数百μm程度の厚さを有するSiC基板をへき開すると、連続してエピタキシャル成長層もへき開される。

【0032】 しかも、SiCの {11-20} 面は、結晶構造からわかるように、平坦な面が得られるので、 {11-20} 面を共振器面とする素子構造をとり、へき開によって光学的に平坦な面を形成することにより、窒化物系半導体の共振器を備えた半導体発光素子を実現することが可能となる。

【0033】 図7は本発明の第1の実施例における窒化物系半導体レーザ素子の構造を示す斜視図である。図7において、n型6H-SiC基板1は100μm程度の厚さを有し、 {0001} の結晶成長面を有する。n型20 6H-SiC基板1の上面の中央部には、幅5μm、深さ0.5μmの断面V字形のストライプ状の溝が形成されている。

【0034】 n型6H-SiC基板1の {0001} Si面上に、膜厚を小さくして導電性を有するようにした膜厚300nmのAlNバッファ層2、膜厚3μmのn型GaN中間層3、膜厚180nmのn型Al_{1-x}G_xNクラッド層4、膜厚60nmのIn_{1-y}G_yN活性層5、膜厚180nmのp型Al_{1-x}G_xNクラッド層6、および膜厚1μmのp型GaNコンタクト層7 30 をMOCVD法 (有機金属化学的気相成長法) により順にエピタキシャル成長させる。なお、これらのエピタキシャル成長層はn型6H-SiC基板1の {0001} C面上に形成してもよい。

【0035】 ここで、n型Al_{1-x}G_xNクラッド層4およびp型Al_{1-x}G_xNクラッド層6におけるGaの組成比Xは0≤X<1の範囲内の実数であり、n型In_{1-y}G_yN活性層5におけるGaの組成比Yは0≤Y<1の範囲内の実数である。

【0036】 p型GaNコンタクト層7の中央部の領域40 は、フォトリグラフィ技術およびエッチング技術を用いて幅5μm、高さ0.3μmのストライプ状のリッジ部に形成し、リッジ部の両側のp型GaNコンタクト層7上に蒸着法等によりSiO₂、SiN等からなる膜厚0.3μmの絶縁膜8を形成する。また、p型GaNコンタクト層7のリッジ部上に幅5μmのp側電極9を形成する。さらに、n型6H-SiC基板1の下面にn側電極10を形成する。

【0037】 n型6H-SiC基板1の {0001} 面に対して垂直な {11-20} 面に沿って300μmの間隔でウエハをへき開し、へき開後の棒状のウエハを25

$0 \mu\text{m}$ ピッチで切断または {11-20} 面および {001} 面に垂直な {10-10} 面に沿ってへき開する。これにより、共振器長 $300 \mu\text{m}$ 、幅 $250 \mu\text{m}$ および高さ $120 \mu\text{m}$ の窒化物系半導体レーザ素子が作製される。共振器面Aは {11-20} 面で形成され、側面Bは {10-10} 面で形成される。例えば、共振器面Aは {11-20} 面で形成され、側面Bは {1-100} 面で形成される。

【0038】したがって、本実施例の半導体レーザ素子は、光学的平坦さを有する共振器面を有し、青色の光を安定にかつ効率良く発生することができる。上記実施例と同様にして、窒化物系発光ダイオードを作製することもできる。この場合、発光ダイオードの端面または側面を {11-20} 面でまたはこれに垂直な {10-10} 面で形成することにより、ウエハ上の素子をへき開により分離することが可能になる。ダイシングで素子を分離した場合には、機械的ダメージにより光度の低下等の特性の劣化が生じる。また、欠陥によってバンドギャップ中に準位が形成され、発光色が変化する。これに対して、ウエハ上の素子をへき開により分離した場合には、機械的ダメージがほとんどないので、特性の劣化や発光色の変化が生じない。

【0039】なお、上記の方法により製造される発光ダイオードは、単一の $p-n$ 接合からなるものでもよく、あるいは活性層をクラッド層で挟むように構成したダブルヘテロ構造を有するものでもよい。また、活性層としては、量子効果を有しない单一の活性層、あるいは多重または単一量子井戸構造の活性層を用いることができる。

【0040】図8は、本発明の第2の実施例における窒化物系半導体レーザ素子の構造を示す斜視図である。図8において、n型6H-SiC基板11は $350 \mu\text{m}$ 程度の厚さを有し、{0001} の結晶成長面を有する。

【0041】n型6H-SiC基板11の {0001} Si面上には、膜厚を小さくして導電性を有するようにした膜厚 3 nm のAlNバッファ層12、膜厚 $4 \mu\text{m}$ のn型GaN中間層13、膜厚 $1 \mu\text{m}$ のn型Al_{0.25}Ga_{0.75}Nクラッド層14、膜厚 6 nm のAl_{0.06}Ga_{0.94}N量子障壁層および膜厚 3 nm のGaN量子井戸層が交互に4ペア積層されてなる多重量子井戸構造の活性層15、膜厚 $1 \mu\text{m}$ のp型Al_{0.25}Ga_{0.75}Nクラッド層16、膜厚 $0.2 \mu\text{m}$ のp型GaNキャップ層17がMOCVD法により順次エピタキシャル成長されている。

【0042】また、p型GaNキャップ層17およびp型Al_{0.25}Ga_{0.75}Nクラッド層16の一部は、フォトリソグラフィ技術およびエッチング技術により、幅 $5 \mu\text{m}$ 、高さ $0.6 \mu\text{m}$ のストライプ状のメサ型に形成されている。そして、その両側にn型Al_{0.3}Ga_{0.7}N電流ブロック層18、18がMOCVD法によりエピタキシャル成長されている。

【0043】さらに、p型GaNキャップ層17および

n型Al_{0.3}Ga_{0.7}N電流ブロック層18の表面上には、p⁺-GaNコンタクト層19がMOCVD法などによりエピタキシャル成長されている。さらに、p⁺-GaNコンタクト層19上にはp側電極20が形成され、n型6H-SiC基板11の下面にはn側電極21が形成されている。

【0044】上記の窒化物系半導体レーザ素子の端面、すなわち共振器面Aはへき開により形成された {11-20} 面で構成されており、側面Bはへき開あるいは切断により形成された {10-10} 面で構成されている。

【0045】したがって、本実施例の半導体レーザ素子は、共振器面Aが光学的平坦さを有するへき開面から構成されることによってレーザ光を安定にかつ効率良く発生することができる。

【0046】なお、上記第1および第2の実施例においては、6H-SiC基板の代わりに2H-SiC、4H-SiCまたは8H-SiCの基板を用いてもよい。また、エピタキシャル成長層は、{0001} 面またはこれと等価な面から傾斜した面、たとえば傾斜角が十数度以下の面上に形成してもよい。

【0047】さらに、上記実施例では、量子効果を有しない单一の活性層、および多重量子井戸構造の活性層を持つ半導体レーザについて説明したが、单一量子井戸構造の活性層を有する半導体レーザ素子にも本発明を適用することができる。

【0048】また、上記実施例では、六方晶SiCを基板として用いる場合を説明したが、3C-SiCを基板として用いることもできる。3C-SiCの立方晶SiC基板上に窒化物系半導体をエピタキシャル成長させると、そのエピタキシャル層は、条件により六方晶または立方晶となる。

【0049】そこで、六方晶SiCの {11-20} 面と等価な3C-SiC基板の {-10-1} 面、{1-10} 面、{0-1-1} 面、{011} 面、{110} 面、{101} 面、すなわち {101} 面、および3C-SiC基板上にエピタキシャル成長された六方晶窒化物系半導体からなるエピタキシャル層の {11-20} 面を半導体レーザ素子の共振器面または発光ダイオードの端面または側面として用いても上記実施例と同様の効果が得られる。

【0050】また、六方晶SiCの {11-20} 面と等価な3C-SiC基板の {-10-1} 面、{1-10} 面、{0-1-1} 面、{011} 面、{110} 面、{101} 面、すなわち {101} 面、および3C-SiC基板上にエピタキシャル成長された立方晶窒化物系半導体からなるエピタキシャル層の {101} 面を半導体レーザ素子の共振器面または発光ダイオードの端面または側面として用いても上記実施例と同様の効果が得られる。

【0051】しかしながら、SiC基板としては、立方晶よりも六方晶の方がエピタキシャル成長層の結晶性が

よい。このため上記の半導体レーザ素子あるいは発光ダイオードに用いる場合は、六方晶SiC基板上に六方晶のエピタキシャル層を用いるほうが好ましい。

【0052】なお、上記において「共振器面」とは、実質的な共振器の共振器面となる端面およびこれに連なる面を含むものである。さらに、本発明において、SiC基板上にエピタキシャル成長層を形成する方法はMOCVD法のみならず、MBE（分子線エピタキシャル）法等の気相成長法を用いてもよい。

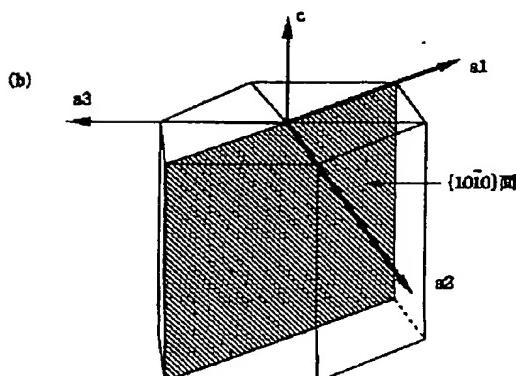
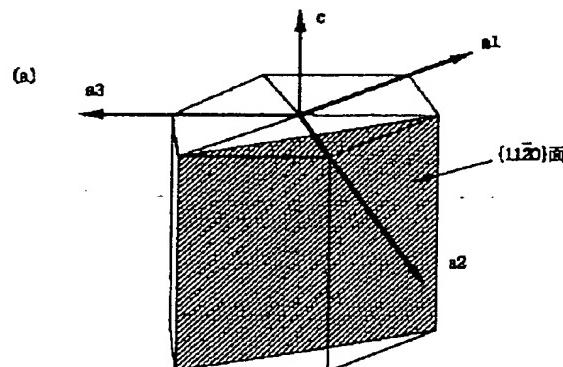
【0053】以上のように本発明によれば、炭化ケイ素基板の(11-20)面または(11-20)面と等価な面で端面または側面が形成されるので、へき開により作製可能な半導体発光素子が実現される。また、素子の上下方向に導電性を付与することができるので、素子構造が簡単になる。

【0054】さらに、炭化ケイ素基板の(11-20)面または(11-20)面と等価な面で共振器面が形成され、かつ素子の上下方向に導電性を付与することができるので、安定に発振する半導体レーザ素子が実現される。

【図面の簡単な説明】

【図1】六方晶SiCの{11-20}へき開面および{10-10}へき開面を示す図である。

【図1】



【図2】SiC単結晶の正四面体構造を示す図である。

【図3】6H形SiCの{10-10}面の原子配置および<11-20>方向から見た原子配置を示す図である。

【図4】6H形SiCの{11-20}面の原子配置および<10-10>方向から見た原子配置を示す図である。

【図5】六方晶窒化物系半導体の{10-10}面の原子配置および<11-20>方向から見た原子配置を示す図である。

【図6】六方晶窒化物系半導体の{11-20}面の原子配置および<10-10>方向から見た原子配置を示す図である。

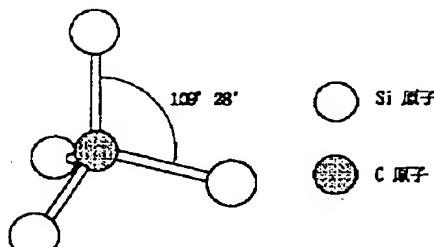
【図7】本発明の第1の実施例における窒化物系半導体レーザ素子の構造を示す斜視図である。

【図8】本発明の第2の実施例における窒化物系半導体レーザ素子の構造を示す斜視図である。

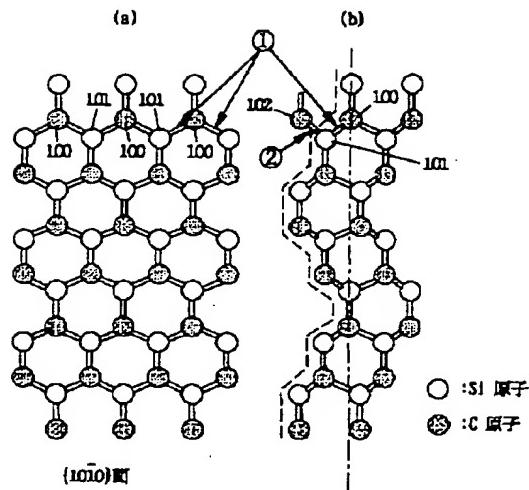
【符号の説明】

- | | |
|---|--|
| 1 | n型6H-SiC基板 |
| 2 | A ₁ Nバッファ層 |
| 3 | n型GaN中間層 |
| 4 | n型Al _{1-x} G _x Nクラッド層 |
| 5 | I _{n_{1-y}} G _y N活性層 |
| 6 | p型Al _{1-x} G _x Nクラッド層 |
| 7 | p型GaNコンタクト層 |

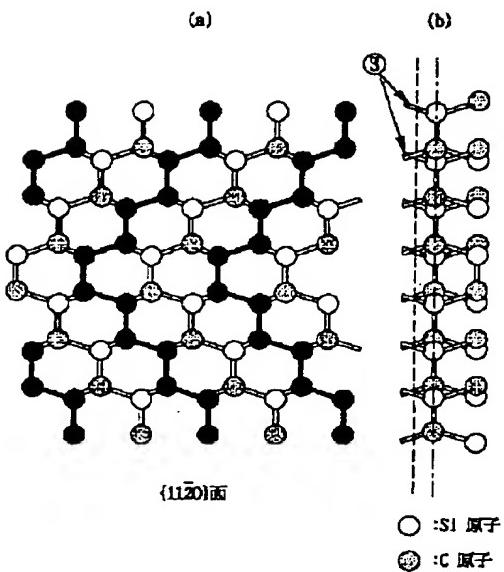
【図2】



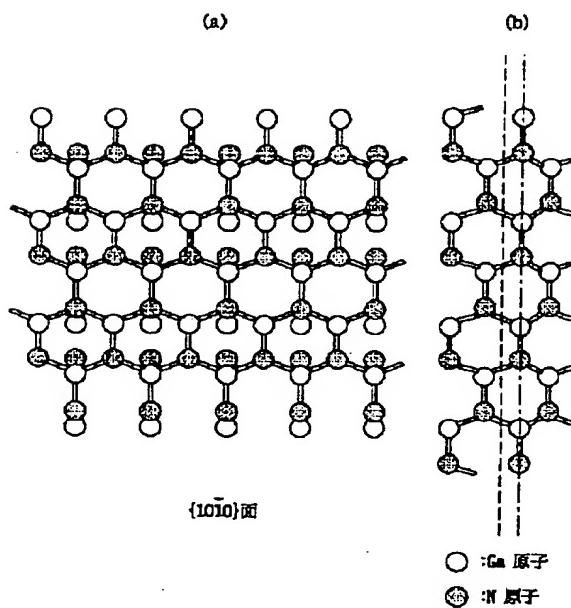
【図3】



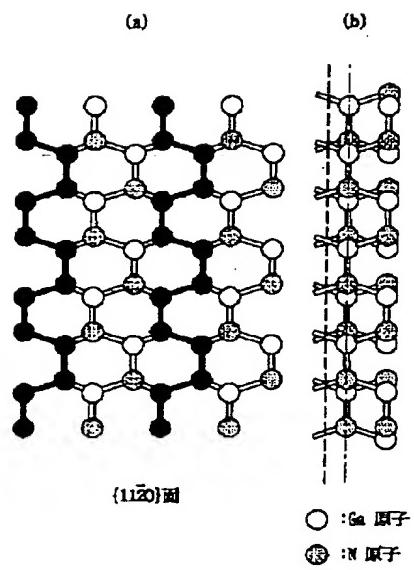
【図4】



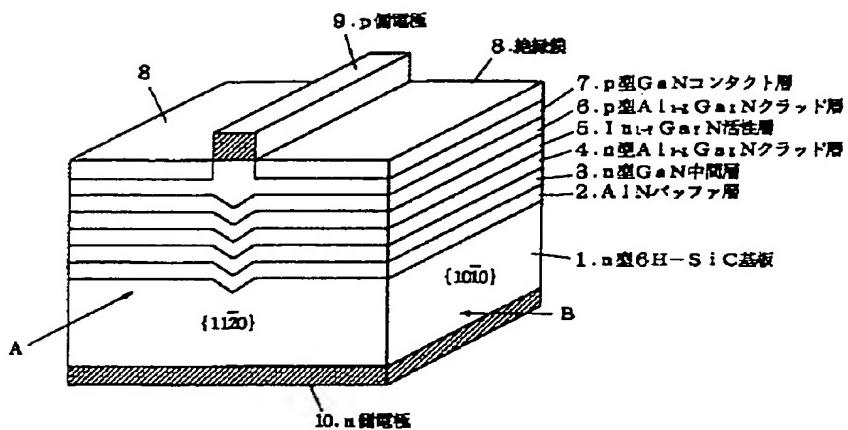
【図5】



【図6】



【図7】



【図8】

